昆虫学报 *Acta Entomologica Sinica*，April 2007，50(4)：361－375 ISSN 0454-6296

内蒙古地区不同景观植被地带蝗总科生态区系的区域性分异

李鸿昌*，**郝树广**，**康　乐**

（中国科学院动物研究所，农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室，北京　100080）

摘要：为了阐明内蒙古地区不同景观植被地带蝗总科生态区系(Acridoidea ecofaunas)的生态地理学特征，本文依据长期野外考察和文献积累数据，分别对寒温型明亮针叶林带(F1)、中温型夏绿阔叶林带(F2)、森林草原带(FS)、典型草原带(TS)、荒漠草原带(DS)、暖温型草原化荒漠亚带(SD)和典型荒漠亚带(TD)等 7 个不同类型植被地带(或亚带)内蝗总科区系结构组成、生态生存条件(植被、气候、土壤等)及其区系形成的生态学机理进行了分析，综合比较了各植被地带(或亚带)的蝗虫物种多样性、区系地理成分的区域性分异及其与地带间不同植被的相关性。结论指出，由于多数蝗种具有以禾本科(Gramineae)和菊科(Compositae)植物为主要食料的食性特征，而典型草原带的植被群落恰以‘多年生丛生禾草及根茎禾草’为建群优势层片，其形成的丰富食物资源、多样的栖息场所、充足的日光辐射和较长的生长期以及有利于产卵孵化的土壤条件等，为蝗虫提供了最为多样的时间、空间和营养生态位(niches)，故蝗虫长期受自然选择的压力，在适应协同进化的历史过程中，形成了它们在典型草原带内具有最高的物种多样性。相比之下，在具有极端生态生存条件的内蒙古东部针叶林带和西部典型荒漠亚带内，分别因其低温高湿和高温低湿的两类不同极端气候特征的生态作用，形成了蝗虫在这两个植被地带内生存分布的生态阻限，故其拥有的物种多样性水平最低，其区系结构的组成种类也截然不同。

关键词：蝗总科；生态区系；植被地带；区系地理成分；内蒙古

中图分类号：Q968　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2007)04-0361-15

Regional differentiation of the Acridoidea ecofaunas in different vegetational zones (subzones) of Inner Mongolia region

LI Hong-Chang*, HAO Shu-Guang, KANG Le (State Key Laboratory of Integrated Management of Pest Insects and Rodents, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract: Based on the data of long-term field surveys and various literature records, the ecofaunas of Acridoidea in the following seven vegetational zones (or subzones) of Inner Mongolia region of China were expounded: Bright coniferous forest zone of cold-temperate type (F1), Deciduous broad-leaf forest zone of mid-temperate type (F2), Forest steppe zone (FS), Typical steppe zone (TS), Desert steppe zone (DS), Steppe desert subzone of warm-temperate type (SD) and Typical desert subzone of warm-temperate type (TD). The zonal characteristics of specific compositions of Acridoidea fauna, the ecological conditions (vegetation, climate and soil etc.) in each zone, and the ecological mechanisms in formation of these different specific compositions were analyzed. The species diversities of acridoids and the zonal diversification of faunal geographic elements in different zones, and their relationships with different vegetation in each zone were also summarized and compared. The results indicated that the TS sustained the highest species diversity of acridoids since it could supply acridoids with sufficient temporal, spatial and trophic niches. In food selection acridoids favor mostly plants of Gramineae and Compositae, and both the "perennating rosette grass" and "root stock grass" were just right the dominant components of plant communities in the TS, and then the acridoids in this zone could get the most diverse temporal, spatial and nutritional niches with rich foods, diverse habitats, abundant sunshine and suitable soil for egg laying. In contrast, the two vegetational zones of F1 and TD in

---

基金项目：国家自然科学面上基金项目(30270172)；中国科学院院长基金特别支持项目(02979068)；国家‘十五’攻关项目课题(2004BA528B-3)

作者简介：李鸿昌，男，1935 年 7 月生，研究员，博士生导师，近期主要研究蒙古高原蝗虫学

* **通讯作者** Author for correspondence, E-mail: hongchangli3826@sina.com

收稿日期 Received：2006-01-06；**接受日期** Accepted：2007-03-19

Inner Mongolia Region all possessed relatively lower species diversity and quite different compositions of acridoids. And this may be caused by the extreme climatic conditions (lower temperature with high humidity in F1 and high temperature with lower humidity in TD) that restricted the occurrence and distribution of acridoids in both zones. It is inferred that the modern status of the acridoid ecofaunas in Inner Mongolia Region is the combined result of both natural selective stress to acridoids and their adaptive evolution in the long course of natural history.

Key words: Acridoidea; ecofauna; vegetational zone; fauna geographical component; Inner Mongolia Region

关于“昆虫区系”的学术概念及其研究领域问题，目前我国有的学者重新提出认为，昆虫区系研究是昆虫分类学发展到现阶段分化形成的一个独立的分支研究方向，是系统发育研究的基础（王心丽，2001）。我们认为，这一明确的定性定位认识，其学科思路是比较清晰、确切的。回顾以往，我国蝗虫学者对区系研究内容的理解并不明确且缺乏共识，其基本工作内容不外有：鉴定某一特定区域空间内现存全部蝗虫物种并编制区域性分类名录，阐述各分类阶元（种、属等）的空间分布格局及其生态地理和生物学特征，以及追溯区系结构组成的历史起源、形成及演化的时空过程等。我国近代蝗虫区系研究涉及区域范围较为广泛和系统者，可以《中国蝗科分类概要》（夏凯龄，1958）的出版问世视为起始标志。此后的蝗虫区系研究不断推陈出新，向着广度和深度两方面蓬勃展开（郑哲民和梁铬球，1963；郑哲民和韩荣坤，1974；李鸿昌，1981；印象初，1984；郑哲民，1985，1993；康乐等，1989；李鸿昌等，1990；夏凯龄等，1994；刘举鹏，1995a，1995b；蒋国芳和郑哲民，1998；郑哲民和夏凯龄等，1998；黄春梅和成新跃，1999；任炳忠，2001；印象初和夏凯龄等，2003；李鸿昌和夏凯龄等，2006）。但是，在昆虫与生存环境协同进化的漫长地史中，蝗虫类群明显具有“单方采食其环境植物、自己一方受益为主”（钦俊德，1987）的生态学特征，表现为蝗虫更加是随环境生存条件（地形、气候、植被、土壤等因素），尤其是随环境植被系统的演化而相应发生发展，从而形成了蝗虫区系分布与环境植被系统两者之间极为密切的生态学关系。所以，在不同植被地带内，植被系统对其中的蝗虫区系结构的物种组成、区系地理成分、生活型等不同区系结构要素所给予的生态学影响最为直接而密切。对此，Uvarov（1938）最早提出了“ecofauna”（生态区系）这一学术概念，强调引入生态学理论方法对深入研究蝗虫区系的重要性，并指出不同类型的自然植被地带都占有较大地理空间，蝗虫生态区系因而最能显示出不同区域的地理规律和区系特色。他首次跨欧亚、美洲、非洲及澳洲大陆，分别对苔原（Trunda）、泰加林（Taiga）、草甸草原和草原（Meadow-steppe and steppe）、热带稀树干草原（Savanna）以及半荒漠和荒漠（Semi-desert and desert）等不同景观植被地带内蝗虫生态区系组成及其特征做了简要概括（Uvarov，1977）。但由于科学家们受大地理跨度取样难度的限制，导致至今国内外学界明确涉及这一命题深入研究的成果报道甚少。近期的研究报告仅有 Davidowitz 和 Rosenzweig（1998）对北美洲不同纬度植被地带（苔原、草原、荒漠）蝗虫区系的梯度变化，以及 Lockwood 和 Sergeev（2000）对美国怀俄明州与俄罗斯西伯利亚（萨彦地区）若干不同植被地带蝗虫区系的比较生态学研究等。

我们认为，蝗虫生态区系研究可被看成是在区系研究方向中进一步分化出的研究领域方面，是以蝗虫分类学为基础，侧重与现代生态学在个体、种群、群落、生态系统及景观地带的不同水平上进行交叉研究为其学科特征。本文试图在大尺度景观地带水平上，以在我国内蒙古地区由地植物学家研究划分成的 7 个各具不同景观特征及生态学特性的植被地带（王义凤等，1979），作为蝗虫生态区系研究的区域地理基础，首次系统地阐述不同景观植被地带内蝗虫的区系结构组成、地带分布格局和生活型，及其在与生存环境协同演化的历史过程中形成的区域性分异和相关生态学机理，以及蝗虫物种的区域分布与地带植被间的相关性，为今后进一步定量化及宏观微观相结合的深入研究提供宏观框架与基础。

1 材料与方法

1.1 研究区域的植被地带划分及其生态地理特征概貌

亚洲蒙古高原是一个跨中国和蒙古两国地域的大自然地理单元。内蒙古地区位居其东南部分（37°30′～53°23′N，97°10′～125°50′E），包括内蒙古高原本部及其外缘山地和外沿的鄂尔多斯高原及河套平

原等 4 部分，面积约 110 万 km^2 ；高原海拔起伏于 1 100～1 500 m 之间，呈东北-西南走向的弧形狭长地域（图 1）。本区域在中生代海退成陆后，于新生代第 3 纪因高原地壳自身逐渐抬升及青藏高原不断隆起过程的影响，本区植被相应协同演化发生了从热带和亚热带森林至草原和荒漠的不同景观、并由湿润走向干旱的历史过程（内蒙古师范学院地理系，1965），从而奠定了内蒙古地区现代蝗虫生态区系结构面貌及其特征的历史基础。高原植被以草原为主体，为欧亚草原（Eurasia steppe）向亚洲中部的延伸部分。由于面积辽阔，各地域位置接受来自东南太平洋季风气候的影响不一，至使由东北向西南方向其温度和湿度差异极其显著，水、热组合的地带性差异形成了植被呈东北-西南走向的明显区域性分化（图 1 ；王义凤等，1979）。各地带生境和气候特征详细介绍见下文“结果与分析”中相应各节。

1.2　标本及资料来源

本研究有关蝗总科全部物种名称、地理分布记录、相关生态学及生物学以及地植物学资料的来源主要有 5 个方面：(1) 作者于 1961－2003 年累计进行的 7 次大型线路考察及多次专题采集的标本积累和分类鉴定；(2) 由本文作者鉴定完成的内蒙古自治区草原站全区蝗虫普查（1983－1989 年）采集收藏的大量标本（34 613 号）；(3) 上世纪 60 年代以来我国

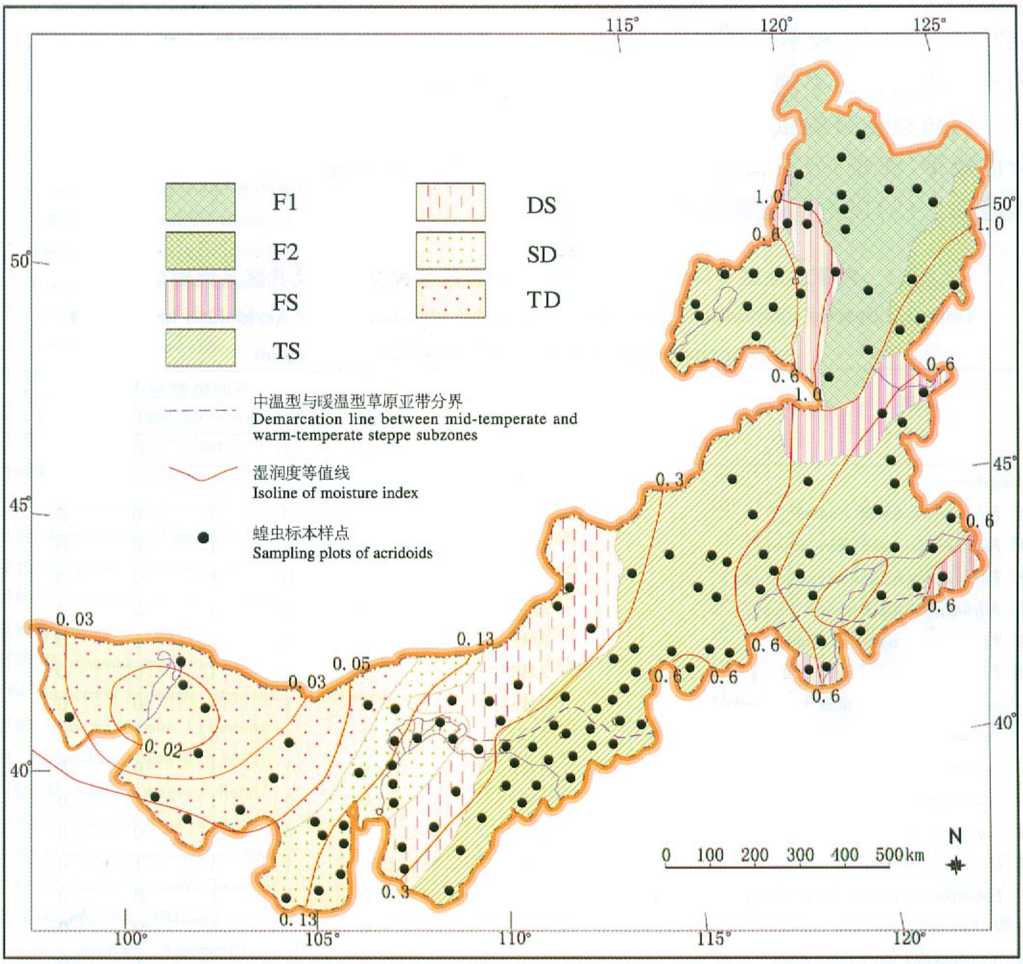

图 1　内蒙古地区不同植被地带与蝗虫标本样点的分布格局（据王义凤等，1979，本文重绘）

Fig. 1　Different vegetational zones (subzones) and the distribution pattern of specimen plots on acridoids in Inner Mongolia region (Adapted from Wang *et al*., 1979)

F1：**寒温型明亮针叶林带** Bright coniferous forest zone of cold-temperate type；F2：**中温型夏绿阔叶林带** Deciduous broad-leaf forest zone of mid-temperate type；FS：**森林草原带** Forest steppe zone；TS：**典型草原带** Typical steppe zone；DS：**荒漠草原带** Desert steppe zone；SD：**暖温型草原化荒漠亚带** Steppe desert subzone of warm-temperate type；TD：**典型荒漠亚带** Typical desert suzone of warm-temperate type. **下同** The same below.

蝗虫分类学者曾在内蒙古地区于不同年份、不同地点采集并鉴定发表的蝗虫分布记录(含新属、新种)以及国外学者自30年代以来发表的区域性蝗虫考察研究报告(Bei-Bienko，1930)；(4)郑哲民教授于2004年为作者鉴定的部分疑难标本(28属40种)；(5)地带植被与气候素材，据王义凤等(1979)，本文重组。

1.3 分析方法

(1)以作者的积累并集成全部中外分类学相关文献对每一蝗种的世界分布记录为基础，结合分布点的地形、植被及蝗虫生态学特性，用点图法标定出每一蝗种特定的分布区类型，进而判定其区系地理成分的类别(通常称为区系成分)(王荷生，1992)。(2)据各蝗种的分布记录，比较不同植被地带内蝗虫生态区系的物种组成及其区系地理成分的多样性，进而分析阐述不同植被地带蝗虫区系结构特征；据区系地理成分的地带(亚带)分布格局，判定不同成分的迁移扩展趋向。(3)以不同植被地带内蝗虫物种组成的相似性为特征，用R型聚类分析的最近邻算法确定不同植被地带类型间的相似性距离，所有分析均在SPSS 10.0上完成。

2 结果与分析

2.1 不同植被地带蝗虫生态区系结构组成

蒙古高原的蝗虫多数为广植食性种，在与高原特定生存环境协同进化历史中，蝗虫对不同植物群落类型、生活栖境等环境生态因素以及取食植物、产卵地等均明显地表现出适应性选择的特性，因而决定了在不同植被地带内各具不同的蝗虫种(属)及其区系地理成分的组成结构，并进而显示出各植被地带的不同生态地理特征。因此，东自大兴安岭山地森林向西横跨至阿拉善高平原荒漠，蒙古高原蝗虫生态区系结构系统随植被的地带性演替亦相应表现出明显的区域性分异(表1)。

表1 内蒙古地区不同植被地带(亚带)蝗虫区系种类组成及其区系地理成分

Table 1 Species compositions and faunal geographic elements of the Acridoidea in different vegetational zone (subzones) of Inner Mongolia region

类群 Taxa		区系地理成分 Faunal geographic elements	不同植被地带的种类出现 Species presence in different vegetational zone (subzone)						
			TD	SD	DS	TS	FS	F2	F1
Ⅰ.	**癞蝗科** Pamphagidae								
1	**裴氏短鼻蝗** *Filchnerella beicki* Ramme	NCS	0	0	1	0	0	0	0
2	**短翅短鼻蝗** *Filchnerella brachyptera* Zheng*	AMS	0	0	1	0	0	0	0
3	**贺兰短鼻蝗** *Filchnerella helanshanensis* Zheng*	AMS	0	0	1	0	0	0	0
4	**兰州短鼻蝗** *Filchnerella lanchowensis* Zheng*	AMS	0	0	1	0	0	0	0
5	**黑胫短鼻蝗** *Filchnerella nigritibia* Zheng*	AMS	0	0	1	0	0	0	0
6	**红缘短鼻蝗** *Filchnerella rubimargina* Zheng*	AMS	0	0	1	0	0	0	0
7	**贺兰疙蝗** *Pseudotmethis alashanicus* Bei-Bienko*	AMS	1	1	1	0	0	0	0
8	**短翅疙蝗** *Pseudotmethis brachyptera* Li*	AMS	1	1	0	1	0	0	0
9	**红缘疙蝗** *Pseudotmethis rubimarginis* Li*	AMS	0	1	1	0	0	0	0
10	**粉股疙蝗** *Pseudotmethis rufifemoralis* Zheng *et* He*	AMS	0	0	1	0	0	0	0
11	**贺兰突颜蝗** *Eotmethis holanensis* Zheng *et* Gow*	AMS	0	0	1	0	0	0	0
12	**蒙古突颜蝗** *Eotmethis mongolensis* Zheng *et* Gow*	AMS	0	1	1	1	0	0	0
13	**短翅突颜蝗** *Eotmethis recipensis* Xi *et* Zheng*	AMS	0	1	1	0	0	0	0
14	**乌拉山突颜蝗** *Eotmethis* sp.	NDS	0	0	1	0	0	0	0
15	**赫氏突鼻蝗** *Rhinotmethis hummeli* Sjöstedt	?	0	1	1	1	0	0	0
16	**内蒙古突鼻蝗** *Rhinotmethis* sp.	AMS	0	0	1	0	0	0	0
17	**丽突鼻蝗** *Rhinotmethis pulchris* Xi *et* Zheng*	NDS	0	0	1	0	0	0	0
18	**雅布赖华癞蝗** *Sinotmethis yabraiensis* Xi *et* Zheng*	AMS	1	0	0	0	0	0	0
19	**戈壁蒙癞蝗** *Mongoltmethis gobiensis* Bei-Bienko*	AMS	1	0	0	0	0	0	0
20	**笨蝗** *Haplotropis brunneriana* Saussure	EAS	0	0	0	1	0	0	0
21	**内蒙古笨蝗** *Haplotropis netmongolensis* Yin*	HMS	0	0	1	1	0	0	1
Ⅱ.	**锥头蝗科** Pyrgomorpgidae								
22	**锥头蝗** *Pyrgomopha conica* (Olivier)	CAS	1	0	0	0	0	0	0
23	**长额负蝗** *Artactomorpha lata* (Motschoulsky)	EAS	0	0	0	1	1	1	0
24	**短额负蝗** *Artactomorpha sinensis* Bolivar	EAS	0	1	0	1	1	1	0

续表 1 Table 1 continued

类群 Taxa		区系地理成分 Faunal geographic elements	不同植被地带的种类出现 Species presence in different vegetational zone（subzone）						
			TD	SD	DS	TS	FS	F2	F1
Ⅲ. **斑腿蝗科** Catantopidae									
25	**无齿稻蝗** *Oxya adentata* Willemse	NCS	0	0	1	1	1	1	1
26	**中华稻蝗** *Oxya chinensis*（Thunberg）	WDS	0	0	0	1	1	1	0
27	**小稻蝗** *Oxya intrictata*（Stål）	OS	0	0	0	1	1	1	0
28	**日本稻蝗** *Oxya japonica*（Thunberg）	OS	0	0	0	1	0	0	1
29	**长翅幽蝗** *Ognevia longipennis*（Shiraki）	EAS	0	0	0	1	1	0	1
30	**北极黑蝗** *Melanoplus frigidus*（Boheman）	HS	0	0	0	0	0	0	1
31	**北极翘尾蝗** *Primnoa arctica* Zhang *et* Jin*	HMS	0	0	0	0	0	0	1
32	**白纹翘尾蝗** *Primnoa mandshurica*（Ramme）	NECS	0	0	0	1	0	0	0
33	**翘尾蝗** *Primnoa primnoa*（Fischer-Walheim）	SMS	0	0	0	1	1	0	1
34	**柯氏无翅蝗** *Zubovskia koeppeni*（Zubovsky）	SMS	0	0	0	1	1	0	1
35	**平尾无翅蝗** *Zubovskia plaricaudata* Zhang *et* Jin	NECS	0	0	0	0	1	1	1
36	**棉蝗** *Chondracris rosea*（De Geer）	WDS	0	0	0	0	1	0	0
37	**短星翅蝗** *Calliptamus abbreviatus* Ikonnikov	WDS	0	1	1	1	1	1	0
38	**黑腿星翅蝗** *Calliptamus barbarus*（Costa）	CAS	1	1	1	0	0	0	0
Ⅳ. **斑翅蝗科** Oedipodidae									
39	**亚洲飞蝗** *Locusta migratoria migratoria*（Linnaeus）	PPS	0	1	1	1	0	0	0
40	**黄胫异痂蝗** *Bryodemella holdereri holdereri*（Krauss）	SMS	0	0	1	1	0	0	0
41	**轮纹异痂蝗** *Bryodemella tuberculatum dilutum*（Stoll）	SMS	0	0	1	1	1	0	0
42	**橙黄胫痂蝗** *Bryodema hyrrhitibia* Zheng *et* He*	AMS	0	0	1	0	0	0	0
43	**蒙古痂蝗** *Bryodema mongolicum* Zubovsky	CAS	0	1	1	0	0	0	0
44	**科氏痂蝗** *Bryodema kozlovi* Bei-Bienko*	AMS	0	1	1	0	0	0	0
45	**白边痂蝗** *Bryodema luctuosum luctuosum*（Stoll）	SMS	1	1	1	1	0	0	0
46	**黑翅痂蝗** *Bryodema nigroptera* Zheng *et* Gow*	AMS	0	1	1	0	0	0	0
47	**兰胫痂蝗** *Bryodema* sp.	AMS	0	0	1	0	0	0	0
48	**乌海痂蝗** *Bryodema wuhaiensis* Hou *et* Zheng*	AMS	0	1	0	0	0	0	0
49	**鼓翅皱膝蝗** *Angaricris barabensis*（Pallas）	SMS	0	1	1	1	1	0	0
50	**内蒙古皱膝蝗** *Angaricris neimongolensis* Zheng *et* Han*	NDS	0	0	0	1	0	0	0
51	**黑边皱膝蝗** *Angaricris nigrimarginis* Zheng *et* Ren*	NDS	0	0	0	1	0	0	0
52	**红翅皱膝蝗** *Angaricris rhodopa*（Fischer-Waldheim）	SMS	0	1	1	1	0	0	0
53	**乌拉皱膝蝗** *Angaricris ulashanicus* Li*	NDS	0	0	1	0	0	0	0
54	**葱色草绿蝗** *Parapleurus alliaceus*（Germar）	PPS	0	0	0	1	1	1	0
55	**大垫尖翅蝗** *Epacromius coerulipes*（Ivanov）	PPS	0	1	0	1	1	1	0
56	**甘蒙尖翅蝗** *Epacromius tergestinus extimus* Bei-Bienko	PPS	0	1	1	1	1	1	0
57	**小垫尖翅蝗** *Epacromius tergestinus tergestinus*（Charpentier）	PPS	1	0	1	1	1	0	0
58	**花胫绿纹蝗** *Aiolopus tamulus*（Fabricius）	WDS	0	0	0	1	0	0	0
59	**绿沼泽蝗** *Mecostethus grossus*（Linnaeus）	PPS	0	0	0	1	0	1	1
60	**黑尾沼泽蝗** *Mecostethus magister* Rehn*	HMS	0	0	0	1	1	0	0
61	**亚洲小车蝗** *Oedalieus decorus asiaticus* Bei-Bienko	SMS	0	1	1	1	1	1	0
62	**黄足小车蝗** *Oedalieus cnecosopodius* Zheng*	AMS	0	1	0	0	0	0	0
63	**黄胫小车蝗** *Oedalieus infernalis* Saussure	EAS	0	1	1	1	1	1	0
64	**大赤翅蝗** *Celes akitanus*（Shiraki）	EAS	1	1	1	1	1	1	0
65	**疣蝗** *Trilophidia annulata*（Thunberg）	WDS	0	0	0	1	1	0	0
66	**狭条胫刺蝗** *Compsorhipis angustilinearis* Zheng*	AMS	0	1	0	0	0	0	0
67	**小胫刺蝗** *Compsorhipis bryodemoides* Bei-Bienko*	AMS	0	1	1	1	0	0	0
68	**大胫刺蝗** *Compsorhipis davidiana*（Saussure）*	AMS	0	1	1	1	0	0	0
69	**蒙古束颈蝗** *Sphingonotus mongolicus* Saussure	SMS	1	1	1	1	0	0	0
70	**宁夏束颈蝗** *Sphingonotus ningsianus* Zheng *et* Gow*	AMS	1	1	1	1	0	0	0
71	**黑翅束颈蝗** *Sphingonotus obscuratus latissimus* Uvarov	CAS	1	1	0	0	0	0	0
72	**鄂托克束颈蝗** *Sphingonotus otogensis* Zheng*	AMS	0	0	1	0	0	0	0
73	**盐池束颈蝗** *Sphingonotus yenchihensis* Cheng *et* Chiu*	AMS	1	1	1	0	0	0	0
74	**阴山束颈蝗** *Sphingonotus* sp.*	NDS	0	0	0	1	0	0	0
75	**小方额蝗** *Quadriverticis elegans* Zheng*	AMS	1	0	0	0	0	0	0
76	**细距蝗** *Leptopternis gracilis*（Eversmann）	CAS	0	1	1	0	0	0	0

续表 1 Table 1 continued

	类群 Taxa	**区系地理成分** Faunal geographic elements	**不同植被地带的种类出现** Species presence in different vegetational zone（subzone）						
			TD	SD	DS	TS	FS	F2	F1
Ⅴ.	**网翅蝗科** Arcypteridae								
77	**二声跃度蝗** *Podismopsis bisonita* Zheng *et al*. *	HMS	0	0	0	0	0	1	1
78	**短尾跃度蝗** *Podismopsis brachycaudata* Zhang *et* Jin*	HMS	0	0	0	0	0	0	1
79	**呼盟跃度蝗** *Podismopsis humengensis* Zheng *et* Lian*	HMS	0	0	0	0	0	0	1
80	**亚翅跃度蝗** *Podismopsis juxtapennis* Zheng *et* Lian*	NECS	0	0	0	1	0	0	1
81	**平尾跃度蝗** *Podismopsis planicaudata* Liang *et* Jia*	HMS	0	0	0	0	0	0	1
82	**四声跃度蝗** *Podismopsis guadraaonita* Zhang *et* Jin*	HMS	0	0	0	0	0	0	1
83	**曲线跃度蝗** *Podismopsis sinucarinata* Zheng *et* Lian	HMS	0	0	0	0	0	0	1
84	**暗褐网翅蝗** *Arcyptera fusca fusca*（Pallas）	PPS	0	0	0	1	1	0	0
85	**隆额网翅蝗** *Arcyptera coreana* Shiraki	NECS	0	0	0	1	0	0	0
86	**宽翅曲背蝗** *Paracyptera microptera meridionalis*（Ikonnikov）	SMS	1	1	1	1	1	0	0
87	**蒙古蚍蝗** *Eremippus mongolicus* Ramme	AMS	1	1	0	1	0	0	0
88	**简蚍蝗** *Eremippus simplex*（Eversmann）	PPS	0	0	1	1	0	0	0
89	**大兴安岭草地蝗** *Stenobothrus* sp.*	HMS	0	0	0	0	1	0	1
90	**条纹草地蝗** *Stenobothrus lineatus*（Panzer）	PPS	0	0	0	0	1	0	0
91	**阿勒泰草地蝗** *Stenobothrus nevskii* Zubovski	CAS	1	0	0	0	0	0	0
92	**红腹牧草蝗** *Omocestus haemorrhoidalis*（Charpentier）	PPS	1	1	0	1	1	1	0
93	**曲线牧草蝗** *Omocestus petraeus*（Brisout-Barneville）	PPS	0	0	0	1	0	0	0
94	**绿牧草蝗** *Omocestus viridulus*（Linnaeus）	PPS	0	1	0	1	0	0	1
95	**双片平器蝗** *Pezohippus biplatus* Kang *et* Mao*	NDS	0	0	0	1	0	0	0
96	**黑翅雏蝗** *Chorthippus aethalinus*（Zubovsky）	SMS	0	0	1	1	1	1	1
97	**白边雏蝗** *Chorthippus albomarginatus*（De Geer）	PPS	0	0	0	1	1	1	0
98	**白纹雏蝗** *Chorthippus albonemus* Cheng *et* Tu	NCS	0	1	0	1	0	0	0
99	**阿拉善雏蝗** *Chorthippus alashanensis* Zheng*	AMS	0	1	0	0	0	0	0
100	**中宽雏蝗** *Chorthippus apricarus*（Linnaeus）	PPS	0	0	0	1	1	0	0
101	**黑背雏蝗** *Chorthippus ateridorsus* Jia *et* Liang*	HMS	0	0	0	0	0	0	1
102	**异色雏蝗** *Chorthippus bigutulus* Linnaeus	PPS	0	0	1	0	0	0	0
103	**博克图雏蝗** *Chorthippus* sp.*	HMS	0	0	0	0	1	0	0
104	**褐色雏蝗** *Chorthippus brunneus*（Thunberg）	PPS	0	1	1	1	1	1	1
105	**红足雏蝗** *Chorthippus burripe* Zheng*	AMS	0	1	0	0	0	0	0
106	**长白山雏蝗** *Chorthippus changbaishannensis* Liu	NECS	0	0	0	0	1	0	1
107	**中华雏蝗** *Chorthippus chinensis* Tarbinsky	WDS	0	0	0	0	1	0	0
108	**锥尾雏蝗** *Chorthippus conicaudatus* Xia *et* Jin*	HMS	0	0	0	1	1	0	0
109	**大兴安岭雏蝗** *Chorthippus dahinganlingensis* Lian *et* Zheng*	HMS	0	0	0	0	0	0	1
110	**大青山雏蝗** *Chorthippus* sp.*	NDS	0	0	0	1	0	0	0
111	**狭翅雏蝗** *Chorthippus dubius*（Zubovsky）	PPS	0	0	1	1	1	1	0
112	**额左雏蝗** *Chorthippus ezuoqi* Ren，Wang *et* Zheng*	HMS	0	0	0	0	0	0	1
113	**小翅雏蝗** *Chorthippus fallax*（Zubovsky）	SMS	0	0	1	1	1	1	1
114	**拟小翅雏蝗** *Chorthippus* sp.*	NDS	0	0	0	1	0	0	0
115	**黄胫雏蝗** *Chorthippus flavitibias* Zheng *et* Wang*	AMS	0	1	0	0	0	0	0
116	**根河雏蝗** *Chorthippus genheensis* Li *et* Yin*	HMS	0	0	0	0	0	0	1
117	**北方雏蝗** *Chorthippus haemarstroemi*（Miram）	EAS	0	0	0	1	1	1	1
118	**哈拉乌雏蝗** *Chorthippus halawuensis* Zheng*	AMS	0	1	0	0	0	0	0
119	**黑龙江雏蝗** *Chorthippus heilongjiangensis* Lian *et* Zheng*	HMS	0	0	0	0	0	0	1
120	**贺兰山雏蝗** *Chorthippus helarshanensis* Zheng*	AMS	0	1	0	0	0	0	0
121	**科尔沁雏蝗** *Chorthippus korqinensis* Li *et* Yin*	HMS	0	0	0	0	1	0	0
122	**夏氏雏蝗** *Chorthippus hsia* Cheng *et* Tu	NCS	0	1	0	1	0	0	0
123	**呼城雏蝗** *Chorthippus huchengensis* Xia *et* Jin	NCS	0	0	1	1	0	0	0
124	**东方雏蝗** *Chorthippus intermedius*（Bei-Bienko）	EAS	0	0	0	1	1	1	1
125	**侧翅雏蝗** *Chorthippus latipennis*（I. Boliver）	NCS	0	0	0	1	0	0	0
126	**小雏蝗** *Chorthippus mollis*（Charpentier）	PPS	1	1	0	0	0	0	0
127	**青藏雏蝗** *Chorthippus qingzangensis* Yin	PPS	0	0	0	0	0	0	1

续表 1 Table 1 continued

类群 Taxa	**区系地理成分** Faunal geographic elements	**不同植被地带的种类出现** Species presence in different vegetational zone（subzone）						
		TD	SD	DS	TS	FS	F2	F1
128 **红翅雏蝗** *Chorthippus rufipennis* Jia *et* Liang*	HMS	0	0	0	0	0	0	1
129 **缺隆异爪蝗** *Euchorthippus acarinatus* Zheng *et* He	AMS	0	0	1	0	0	0	0
130 **黑膝异爪蝗** *Euchorthippus fusigeniculatus* Jin *et* Zhang	NECS	0	0	1	1	1	1	1
131 **邱氏异爪蝗** *Euchorthippus cheui* Hsia	NCS	0	0	1	1	1	1	1
132 **大兴安岭异爪蝗** *Euchorthippus dahinganlinensis* Zhang *et* Ren*	HMS	0	0	0	0	0	0	1
133 **绿异爪蝗** *Euchorthippus herbaceous* Zhang *et* Jin*	HMS	0	0	0	0	0	0	1
134 **黄褐异爪蝗** *Euchorthippus ravus* Liang *et* Jia*	HMS	0	0	0	1	1	0	0
135 **素色异爪蝗** *Euchorthippus unicolor*（Ikonnikov）	EAS	0	1	0	1	1	1	1
136 **永宁异爪蝗** *Euchorthippus yungningensis* Cheng *et* Chiu	AMS	0	1	0	0	0	0	0
137 **左家异爪蝗** *Euchorthippus zuojianus* Zhang *et* Ren	NECS	0	0	0	0	1	0	0
Ⅵ. **槌角蝗科** Gomphoceridae								
138 **红槌角蝗** *Gomphocerus rufus*（Linnaeus）	PPS	0	0	0	0	0	0	1
139 **白边拟槌角蝗** *Gomphocerus albomarginis* Zheng *et* Han*	NDS	0	0	0	1	0	0	0
140 **李氏大足蝗** *Aeropus licenti*（Chang）	NCS	1	1	1	1	1	0	1
141 **西伯利亚大足蝗** *Aeropus sibiricus*（Linnaeus）	PPS	0	0	0	1	1	1	0
142 **毛足棒角蝗** *Dasyhippus barbipes*（Fischer-Waldheim）	SMS	1	1	1	1	1	1	0
143 **北京棒角蝗** *Dasyhippus peijingensis* Chang	NCS	0	0	1	1	1	0	0
144 **短翅蚁蝗** *Myrmeleotettix brachypterus* Liu*	HMS	0	0	0	1	1	0	0
145 **荒漠蚁蝗** *Myrmeleotettix pallidus*（Brunner-Wttenwyl）	CAS	0	0	0	1	0	0	0
146 **宽须蚁蝗** *Myrmeleotettix palpalis*（Zubvosky）	SMS	1	1	1	1	1	1	1
147 **阿左旗蛛蝗** *Aeropedellus* sp.*	AMS	0	1	0	0	0	0	0
148 **宽隔蛛蝗** *Aeropedellus ampliseptus* Liang *et* Jia*	HMS	0	1	0	0	1	0	0
149 **贺兰山蛛蝗** *Aeropedellus helanshanensis* Zheng*	AMS	0	1	1	0	0	0	0
150 **黑肛蛛蝗** *Aeropedellus nigrepiproctus* Kang *et* Chen*	NDS	0	0	0	1	0	0	0
151 **圆翅蛛蝗** *Aeropedellus* sp.*	AMS	0	1	0	0	0	0	0
152 **蛛蝗** *Aeropedellus ruteri*（Miram）	CAS	0	0	1	0	0	0	0
153 **异蛛蝗** *Aeropedellus varigatus*（Fischer-Waldheim）	PPS	0	0	0	1	1	1	0
154 **锡林蛛蝗** *Aeropedellus xilinensis* Liu *et* Xi*	NDS	0	0	0	1	0	0	0
Ⅶ. **剑角蝗科** Acrididae								
155 **长角拟埃蝗** *Pseudoeocyllina longicornis* Liang *et* Jia*	HMS	0	0	0	1	0	0	0
156 **白纹小垫蝗** *Pusillarolium albonemum* Zheng*	AMS	0	1	0	0	0	0	0
157 **浅金色蝗** *Chrysacris flavida* Liang *et* Jia*	HMS	0	0	0	1	0	0	0
158 **呼盟金色蝗** *Chrysacris humengensis* Ren *et* Zhang*	HMS	0	0	0	0	1	0	0
159 **满洲里金色蝗** *Chrysacris manzhoulensis* Zheng *et al*.*	HMS	0	0	0	1	0	0	0
160 **踏头金色蝗** *Chrysacris tato* Zheng *et al*.*	HMS	0	0	0	1	0	0	0
161 **绿金色蝗** *Chrysacris viridis* Lian *et* Zheng*	HMS	0	0	0	0	0	0	1
162 **短翅直背蝗** *Euthystria brachyptera*（Ocskay）	PPS	0	1	0	1	1	0	1
163 **沼泽迷蝗** *Confusacris limnophila* Liang *et* Jia	HMS	0	0	0	0	0	0	1
164 **素色迷蝗** *Confusacris unicolor* Yin *et* Li	HMS	0	0	0	0	1	0	0
165 **绿色迷蝗** *Confusacris viridis* Ren *et* Zhang	HMS	0	0	0	0	0	1	0
166 **小翅鸣蝗** *Mongoltettix fallax* Li *et* Lian	HMS	0	0	0	0	0	0	1
167 **日本鸣蝗** *Mongoltettix japonicus*（Bolivar）	？	0	0	0	1	0	0	1
168 **条纹鸣蝗** *Mongoltettix vittatus*（Uvarov）	SMS	0	0	1	1	1	1	1
169 **郑氏鸣蝗** *Mongoltettix zhengi* Li *et* Lian	HMS	0	0	0	1	0	0	0
170 **中华剑角蝗** *Acrida cinerea*（Thunberg）	WDS	1	1	0	1	0	0	0
171 **穹尾剑角蝗** *Acrida incallida* Mistshenko	？	0	0	1	1	0	0	0
172 **科氏剑角蝗** *Acrida kozlovi* Mistshenko	AMS	0	1	0	1	0	0	0
总 计 Total	12	23	57	63	91	57	32	46

注 Notes：**本文分类系统采纳已出版的中国动物志蝗总科各卷（夏凯龄等，1994 郑哲民等，1998 印象初等，2003 李鸿昌等，2006）。**The classification system in the respective volumes of Acridoidea of Fauna Sinica（Xia *et al*., 1994；Zheng *et al*., 1998；Ying *et al*., 2003；Li *et al*., 2006）was adopted.

*：**蒙古高原地区特有种** The endemic species distributed only in Mongolian Plateau；PPS：**泛古北种** Pan-Palaearctic Species；NCS：**华北种** North Chinese Species；SMS：**西伯利亚-蒙古种** Siberia-Mongolian Species；NECS：**东北种** Northeast Chinese Species；CAS：**中亚种** Centro-Asiatic Specie；EAS：**东亚种** Eastern Asiatic Species；AMS：**阿拉善蒙古种** Alashan Mongolian Species；HS：**全北种** Holarctic Species；HMS：**兴安蒙古种** Hingan Mongolian Species；OS：**东洋种** Oriental Species；NDMS：**狭域蒙古种** Narrowly Distributed Mongolian Species；WDS：**广布种** Widely Distributed Species（**李鸿昌**，1990）. **下同** The same below.

2.2 不同植被地带的区域性地理特征及其蝗虫生态区系结构组成

2.2.1 寒温型明亮针叶林带（Bright coniferous forest zone of cold-temperate type，F1）：带内的不同植物群落为蝗虫个体的存活提供适宜栖境和食物选择资源，而不同的地带气候（水、热组合）和土壤又是完成正常生长、发育和繁育后代的生存分布条件。本带是欧亚针叶林带沿古老的大兴安岭山地向南延伸部分（图 1），高寒气候使兴安落叶松 *Larix gmelini* 成为优势植被，林下灌木层以杜鹃 *Rhododendron dahuricum* 为主。在山地中、下部缓坡上，蝗虫多活动于草本层植物苔草 *Cares* spp. 及野青茅 *Deyexia* spp. 上。在山间谷地的沼泽中，沼泽蝗、草绿蝗等生态指示种出现于小叶樟 *Deyeuxia angustifolia* 和塔头草 *Carex schmiditii* 群落内。本带气候寒冷、湿润和风力较小，是我国气温最低的地区，年均温 < -4℃，1 月均温 -30℃ ~ -32℃，极端最低值达 -48℃以下，$\geqslant 10$℃的积温 1 300℃ ~ 1 400℃；年降水量约 450 ~ 550 mm，湿润度 1.30 ~ 1.0。沼泽化现象普遍，发育为灰白色森林土。

本带蝗虫经鉴定计有 6 科 19 属 46 种（表 1）。由于所处地理位置及其独特森林植被的生态生存条件，致使蝗虫的区系地理成分以适应高湿低温这一地方气候特征的兴安蒙古种（HMS）占据绝对优势地位（20 种，占带内总数 43.5%）（表 1）；具有广生态适应能力的泛古北种（6 种，占 13.3%）与“半地方化”的西伯利亚-蒙古种，两者的区系作用相近但明显居于次要地位。东亚种、东北种及华北种也各有自己的少量代表；东洋种（日本稻蝗 *Oxya japonica*）的侵入仅保存于本带东南边缘山地；唯一的全北种（北极黑蝗 *Melanoplus frigidus*）的存在（张凤岭和金杏宝，1985）却宝贵地见证了古北区与新北区在历史生物地理学上千丝万缕的联系。

在本带独特的生态与生存条件下，蝗虫长期受环境胁迫与自然选择压力下，使其在形态、生理、生态及行为等方面具有系列不同特征、特性分化及特殊的生态适应能力，从而形成了独特的蝗虫生态区系结构。例如，其卵均具极强的抗寒特性，在极低温胁迫下卵内超氧化物歧化酶（SOD）和过氧化氢酶（CAT）活性显著提高即抗氧化酶系统的防御能力增强（景晓红和康乐，2003）。多种无翅蝗 *Zubovskia* spp. 及翘尾蝗 *Primnoa* spp. 体壁背部富含的绿色素具有高效率吸收光能的作用，使其在日照短、郁闭度极高的森林植被条件下，也能充分吸收光能以满足完成生长发育必需的有效积温。蝗虫生活型大部为“草栖型”种（雏蝗属 *Chorthippus* spp. 等），并特别发育了“林栖型”其中无翅蝗属、翘尾蝗属及大足蝗属 *Aeropus* 均为大型阔叶灌木上的栖居者，多种跃度蝗 *Podismopsis* spp. 选择栖居于较低矮的阔叶灌丛及丛间草本层内，其雄性个体具宽短的前翅、后足股节颇不发达，但前、中、后足跗节间中垫特别膨大，具有用以附着在阔叶表面的适应特征；而无翅蝗属应被视为是针叶林带的生态特征种。本带蝗虫具有的形体小及多栖型的特点，适应于林间空地、灌木层及草本层株间的迁飞、活动。

2.2.2 中温型夏绿阔叶林带（Deciduous broad-leaf forest zone of mid-temperate type，F2）：本文只涉及阔叶林带中的内蒙古大兴安岭东麓部分（图 1），其低山丘陵及部分山前平原均广布有蒙古栎 *Quercus mongolica* 林，林下灌木层以胡枝子 *Lespedeza bicolore* 为优势。草本层茂密、种类丰富，主要有：凸脉苔草 *Carex lanceolata*、裂叶蒿 *Artemisia tanacetifolia* 等。但在人为活动影响下，代之而起的已是杂类草草甸等次生植被，因而蝗虫群落结构组成多演替为草栖型种。本带气候比较寒冷，年均温 0.6℃ ~ 2.5℃，1 月份均温 -17℃ ~ -22℃，绝对最低温由南向北变动在 -34℃ ~ -42℃之间，$\geqslant 10$℃的积温约 2 000℃ ~ 2 400℃；由于受夏季太平洋季风影响较强，年降水量可达 500 mm 左右，湿润度为 0.7 ~ 1.0，夏季潮湿。发育了棕色森林土及河谷低地的泥炭沼泽土。

本带面积较小，故蝗虫物种多样性较逊色于针叶林带（F1），经鉴定计有 6 科 19 属 32 种（表 1）。位于其东侧的长白山山脉与朝鲜、日本以及东西伯利亚阔叶林与本带依依相连并成为蝗虫彼此迁移交流的有利通道，故在蝗虫区系地理成分的组成特征上本带与之有着颇多相同之处：双方共有东亚种 7 种、西伯利亚-蒙古种 6 种。又由于本带地处大兴安岭东麓位置，使本带蝗虫生态区系结构的地理特征以泛古北种（PPS）占据了优势地位（31.3%）；西伯利亚-蒙古种和东亚种分别较强地渗入本带（各占 18.8%），但居次要地位；东北种在本带内并未显示重要作用（6.3%），作为针叶林带蝗虫代表者的兴安蒙古种的区系作用也明显下降。林下发达的灌木层及茂密的草本层，使蝗虫以体形较小的灌木栖型或草栖型的雏蝗属 *Chorthippus* spp. 及异爪蝗属 *Euchorthippus* spp. 占有优势（37.5%）；在河谷低地或积水沼泽内的蝗虫有小稻蝗、绿沼泽蝗和白边雏蝗；在稳定的杂类草草甸内有大垫尖翅蝗、红腹牧草蝗；

在灌丛生境中有黑翅雏蝗、褐色雏蝗、平尾无翅蝗、亚洲小车蝗、大翅赤蝗、西伯利亚大足蝗及条纹鸣蝗等。另在人为开垦的农田及毗邻草地，蝗种异常丰富，例如：负蝗 *Atractomorpha* spp.、稻蝗 *Oyxa* spp.、短星翅蝗、大垫尖翅蝗、黄胫小车蝗、小翅雏蝗、狭翅雏蝗、邱氏异爪蝗、素色异爪蝗、宽须蚁蝗、二声跃度蝗等大量活动于林间空地的低矮草本层片之中。

2.2.3　森林草原带（Forest steppe zone，FS）：本带位于草原带与森林带之间，是以两类植被相互共存为特征的景观带（图1），但植被以各类型草原为主，森林植被主有白桦 *Betula platyphylla*。丘陵中部为特有的贝加尔针茅 *Stipa baicalensis* 草原和下部的羊草 *Aneurolepidium chinense* 草原；在沟谷、河滩等低湿地上草甸、沼泽、河岸灌丛比较发达，由塔头苔草、小叶樟、散穗早熟禾等组成各类禾草草甸。上述生境与植被多是本带蝗虫十分活跃及物种多样性丰富之栖境。本带地处大兴安岭西麓部分多为低山丘陵和丘间宽谷，海拔700～1 200 m，气候寒冷、湿润，年均温－1.5℃～－3.1℃，≥10℃积温约1 650℃～1 950℃。年降水量350～500 mm，湿润度为0.6～1.0；主要发育为黑钙土。

本带蝗虫生态区系结构的地理特征已过渡为以草原类型为主，鉴定计有6科29属57种（表1）。蝗虫区系地理成分组成上与森林草原缺乏自己特有的植被成分和类型的现象相平行，同样缺乏自己的特色，表现为仍以泛古北种（PPS）较占优势（24.6%）；西伯利亚-蒙古种和兴安蒙古种两者比例相近居第2位；广布种和东亚种、东北种以及华北种各有不同程度的渗透；而东洋种（小稻蝗）依然可在本带以沼泽湿地做为其狭域的生存栖境。网翅蝗科占有明显的物种（40%）与种群数量优势，例如：多种雏蝗 *Chorthippus* spp.、草地蝗 *Stenobothrus* spp.、异爪蝗 *Euchorthippus* spp.通常为体形小、翅发达的草栖型种类，适应于植株间短距离迁飞移动。班腿蝗科在本带得到明显的发育（16%），广泛的沼泽与湿地为无齿稻蝗、中华稻蝗、小稻蝗及葱色草绿蝗、沼泽蝗 *Mecostethus* spp.和花胫绿纹蝗等提供了适宜的生存空间，长翅幽蝗则以山坡灌丛植被为其选择的适宜栖境。

2.2.4　典型草原带（Typical steppe zone，TS）：本带已属于内陆半干旱气候区的草原植被，是森林带与荒漠带之间的一个广阔地带，其北部中温型区域面积占据了全部内蒙古高原草原地区（图1）。本带气候因受蒙古高压控制和东南太平洋季风的一定影响，故具有内陆半干旱气候的典型特征：冬春漫长、夏秋温和多雨。年均温－2.0℃～6.0℃之间，1月均温－13.0℃～－29.0℃，≥10℃积温达2 000℃～3 000℃。年降水量250～450 mm，湿润度约0.3～0.6。植被以大针茅 *Stipa grandis* 及克氏针茅 *S. krylovii* 为建群的“丛生禾草草原”为最基本类型。特征植物有大针茅、糙隐子草 *Cleistogenes sguarrosa*、冰草 *Agropyron cristatum*、双齿葱 *Allium bidentatum*、冷蒿 *Artemisia frigida* 等。此外，苔草类 *Carex* spp.、葱类 *Allium* spp.及多年生杂类草层片也都是经常出现的次要层片。本地带因其地域辽阔，地形起伏错落，植物群落多样性及其生活型的层片结构丰富，为多数蝗虫类群提供了最充分的适宜栖境和食物资源。

本带蝗虫区系组成最为丰富，经鉴定计有7科41属91种，其中不同的区系地理成分类型多达11类（表1）。依物种多样性排序表现为：泛古北种（PPS）占有相对优势（21.6%），而各蒙古成分（兴安蒙古种、阿拉善蒙古种、狭域蒙古种）叠加的总体作用仅为29.6%，略高于泛古北种。本带内狭域蒙古种（NDMS）的频繁出现显示了典型草原的气候、植被、土壤等生态地理特征对该地域蝗虫区系形成的化分作用是显著的。西部地区特有的阿拉善蒙古种成分向本带的渗透作用（8.0%）远大于中亚种（1.1%）。东洋种（小稻蝗及日本稻蝗）仍北上迁移渗透进入本带，在内陆半干旱区找到了最北的生存栖境；东亚种（东方雏蝗等）与华北种（李氏大足蝗等）对典型草原的生态适应能力均高于东北种（亚翅跃度蝗等）。

2.2.5　荒漠草原带（Desert steppe zone，DS）：本带是草原地带中最为干旱的地域（图1），植被及蝗虫区系组成包括来自草原成分和荒漠成分双方的渗透影响。气候具更强烈的大陆性特点，已进入内陆干旱气候区，也是蝗虫物种在草原植被内生存条件最严酷的地带。年均温2℃～5℃，1月份均温－15℃～－18℃，≥10℃积温在地区间可波动于2 200℃～3 100℃。年降水量150～250 mm之间，湿润度0.15～0.3。本带植被以戈壁针茅 *S. gobica*、无芒隐子草 *C. songorica* 及蒙古葱 *A. mongolicum* 等为建群的优势种，生活型以旱生、多年生“丛生小禾草”为植被建群层片，同时这为多种蝗虫提供喜食植物和较适宜的栖境；但已有来自荒漠的植物成分，例如红砂 *Reaumuria songorica* 和松叶猪毛菜 *Salsola laricifolia* 等。在地表被强烈剥蚀的地段有旱生型小半灌木三裂亚菊 *Ajania trifica* 和冷蒿 *A. frigida* 群落；盐湿低

地主有芨芨草 *Achnatherum splendens*、苔草等。在荒漠草原带，生态地理特征开始胁迫本带蝗虫以适应于旱生、地栖、石栖型及耐盐碱种类的充分发育。

本带蝗虫经鉴定计有7科27属63种（表1）。蝗虫区系地理成分以蒙古成分叠加的整体占主要地位（45.0%），其中阿拉善蒙古种（AMS）居明显优势（38.3%）；显然由于其‘半地方性’区系特征，西伯利亚-蒙古种仍保持了次优势地位；特有种占有很高比例（38.3%），全部隶属于阿拉善蒙古成分（表1，图2）；自西向东迁移渗入本带的中亚成分有所增加（上升为5.0%）；狭域蒙古种（丽突鼻蝗、乌拉皱膝蝗）在本带的存在显示了乌拉山山脉具有的特定山地区系效应及在内蒙古高原蝗虫物种分化及区系形成中的作用；而东来的兴安蒙古种（1.7%）、东亚种（3.3%）和东北种（1.7%）在本带则退居为次要的残存地位。

荒漠草原拥有的高原砂石地形及其气候与植被特征，使蝗总科在协同进化历程中以癞蝗科（5属17种）、班翅蝗科（10属23种）得到了明显发展，它们主要分布于食料植物及阳光充足的乌拉山及贺兰山山麓地带及其沟谷和冲积扇上。蝗虫的生活型主要发育了地栖型中的露地栖者，并分化出石栖者，例如多种痂蝗 *Bryodema* spp.、皱膝蝗 *Angaracris* spp.、小车蝗 *Oedaleus* spp.、胫刺蝗 *Compsorhipis* spp.以及束颈蝗 *Sphingonotus* spp.等，它们拥有发达的前、后翅用以适应大而多风的气候特征；而癞蝗科中的短鼻蝗 *Filchnerella* spp.、突颜蝗 *Eotmethis* spp.及突鼻蝗 *Rhinotmethis* spp.等在长期适应进化中其形态及生态特征则发展为另一极端的短翅类群。

2.2.6 暖温型草原化荒漠亚带（Steppe desert subzone of warm-temperate type，SD） 本带包括鄂尔多斯高原西北部、河套平原与东阿拉善地区（图1）。气候条件相当严酷，总热量积温较高，年均温6.0℃~9.0℃，1月均温-10℃~-13℃，≥10℃积温3 000℃~3 500℃；年降水量150 mm以下，湿润度约0.06~0.13。植物区系贫乏，但荒漠植被群落类型却比较多样，主要有藏锦鸡儿 *Caragana spinifera*、沙生针茅、无芒隐子草、沙生冰草、白颖苔草 *Carex rigescens*、蒙古葱等，为本带生存的各蝗虫类群提供了相应的喜食食料植物和栖息生境。在湖盆洼地的芦苇沼泽草甸之外围形成的苔草及小型杂类草的矮草草甸和大面积芨芨草盐化草甸等，是本带内大部分蝗虫适宜的栖息地。河套平原农业历史悠久，蝗虫多随次生植被或栽培作物的演变而发展，形成蝗虫的农业区系类群（亚洲飞蝗、中华剑角蝗等）。在干燥剥蚀的狼山、雅不赖山、贺兰山山地及山麓，分布有小面积的不同类型针茅群落亦是本带蝗虫大量集中生存分布的地域。

本带蝗虫经鉴定计7科26属57种，其中特有种25种（占43.9%）。蝗虫区系地理成分以能适应高温低湿这一荒漠特征的蒙古成分占更大优势（48.2%），其中阿拉善蒙古种（AMS）占本带蝗虫的绝对优势（45.6%）；泛古北种和西伯利亚-蒙古种依然相对保持着一定作用且两者更为接近（分别占14.3%）；兴安蒙古种仅宽隔蛛蝗保存于贺兰山上的山地森林地带内。中亚种有所上升（7.1%），东亚种（黄胫小车蝗等）、华北种（李氏大足蝗）及广布种（短星翅蝗等）仅维持较小作用。其中癞蝗科种类均为短翅类型，不善跳跃，多演化为适应干旱、大而多风气候的地栖型中沙石栖者，其体壁粗糙多瘤突、体背灰色或浅褐色而腹面白色则是适应荒漠日光强烈辐射及日温差剧烈变化的形态及生态适应特征。相反，多种痂蝗 *Bryodema* spp.、胫刺蝗 *Compsorhipis* spp.、束颈蝗 *Sphingonotus* spp.等种类均以其前、后翅颇为发达，善于迁飞和躲避为其适应本带生存条件的形态特征。网翅蝗科中的多种牧草蝗 *Omocestus* spp.、雏蝗 *Chorthippus* spp.、蚍蝗 *Eremippus* spp.则以其身体小型、迁飞移动灵巧、食量小，多选择栖居于贺兰山山地或起伏地形可供隐蔽的灌丛植被群落中。

2.2.7 暖温型典型荒漠亚带（Typical desert subzone of warm-temperate，TD） 自雅布赖山的分水岭以西即进入本带，由砾石戈壁与广阔沙漠（巴丹吉林）构成了最基本的自然景观（图1，TD）。本亚带气候是内蒙古地区最为干旱、热量最高的地域，年均温7.0℃~9.0℃，1月均温-10℃~-13℃，≥10℃的积温可达3 200℃~3 700℃。年降水量仅30~100 mm，湿润度0.01~0.06。本带植被相应以超旱生灌木、半灌木和耐盐生植物为优势成分，群落组成十分单调，以稀疏的红砂荒漠植被等为主要类型；合头藜 *Sympegma regelii*、霸王柴 *Zygophyllum xanthoxylon*、泡泡刺 *Nitraria sphaerocarpa* 等均可形成砾石质荒漠中的稀疏植被群落，但仍可见到数量稀少的多种束颈蝗 *Sphingonotus* spp.及戈壁蒙癞蝗 *Mongolotmethis gobiensis* 的踪迹。在额济纳河冲积平原、居延海外围及其它地域的湖盆洼地中，主要为白刺 *Nitraria* spp.荒漠、盐爪爪 *K. gracile* 荒漠和芨芨草盐化草甸，是本带蝗虫相对最为集中的特殊生存栖境。

本带蝗虫生态区系的结构组成亦因景观植被特征而种类十分贫乏，经鉴定仅有 7 科 20 属 23 种，其中特有种 5 种。蝗虫区系地理成分的组合最为贫乏，以阿拉善蒙古种（AMS）占据最大优势（34.8%）；西伯利亚-蒙古种仍居第 2 位（21.7%）；严酷而典型的荒漠生存条件使中亚种的区系作用上升为第 3 位（17.4%）。带内雅不赖山、龙首山及鄂济纳河对蝗虫的生存分布虽有一定山地区系效应，但由于气候极度干旱、植物区系十分贫乏，使蝗虫处于双重生存环境的胁迫之下，故泛古北种的作用明显降低（13.0%），华北种、东亚种及广布种仅微弱地渗入本带山地与河流的局部地境而保存下来，特有种在本带仍有若干分化形成但并不突出（21.7%）。在环境胁迫及选择压力下，蝗虫在生活型、形态特征、生态生物学特性以及生态适应方向上均有明显分化。在物种多样性较占优势的斑翅蝗科（37.5%）中，石栖性的黑翅束胫蝗等及活动于居延海周边和湖盆洼地的露地栖性种（白边痂蝗、小垫尖翅蝗、大赤翅蝗与阿勒泰草地蝗等）均以其发达的前、后翅及其善于迅速低飞的能力，适应了大而多风又无明显遮蔽物的生存环境。蝗虫对巴丹吉林沙漠生境的适应分化形成了体轻、后足胫节细长并于末端特化为发达的距以推动流砂的功能构造，例如本亚带内独有的细距蝗 *Leptopternis gracilis* 即为典型的砂栖性种，而癞蝗科中的贺兰疙蝗、戈壁蒙癞蝗和雅布赖华癞蝗等均为露地栖性中“砂石栖居者”，其前后翅均明显退化失去了飞翔作用，后足退化无强而有力的跳跃能力，基本活动于低矮的荒漠植被空间地表完成寻觅食物、生长发育和繁衍后代的过程。另如斑腿蝗科中黑腿星翅蝗和网翅蝗科中具有广泛适应能力的宽翅曲背蝗等均以其后足十分发达、极具跳跃能力的特性，栖居于沙丘间或河湖盆地以适应本带大而多风、极度干燥和食物贫乏的环境条件。本带癞蝗科种类体壁多呈灰白色、浅褐色，背部形成多瘤状突起以适应强日光辐射、耐热并具耐旱特性。

2.3　不同蝗种的植被地带分布型

表 1 显示，各蝗虫物种在不同植被地带内的生存分布有明显的选择性，不同蝗种所生存分布的植被地带数目有多有少（图 2），所分布的各地带之间彼此或连续，或间断，这表现了蝗虫在不同植被地带间分布格局的多样性及其生态适应幅度，因而本文将全部蝗种分别划分为不同的生态分布种型（陈世骧和王书永，1962）十分必要，对深入认识蝗虫在不同植被地带间的分布规律性有着重要的生态区系意义。

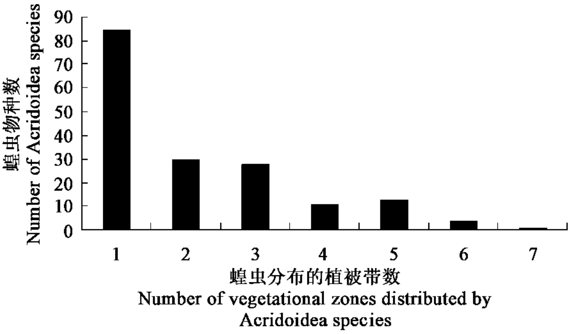

图 2　内蒙古地区各蝗种在不同植被地带中的分布格局

Fig. 2　Distribution pattern of acridoidea species in different vegetational zones in Inner Mongolian region

2.3.1　单带分布种型（Type of species distributed in single zone）：指仅生活或主要生活在某一个植被地带（亚带）的蝗种，它们的生态分布适应幅度较窄，计有 85 种（占内蒙古蝗虫总数的 49.4%），依据其生态适应特征的明显差异可再划分为 2 个区系特征完全不同的亚类型：（A）仅适应生存于东部地区，气候极具高湿、低温组合特征的寒温型明亮针叶林带（F1）内，计 20 种，其区系地理成分主要为代表地方特有性的兴安蒙古种计 17 种（占带内总数的 37.8%），泛古北种 2 种和全北种 1 种（北极黑蝗 *Melanoplus frigidus*）；（B）仅能适应生存于西部气候极具低湿、高温组合特征的典型荒漠亚带（TD）内，计有 5 种，其区系地理成分为适应西部荒漠特征的阿拉善蒙古种 3 种和中亚种 2 种，在生态适应意义上应视为“荒漠种”，具有植被地带性质的指示意义（指示种）。此外，其余 60 个蝗种构成了单带分布种型的主要部分（71%），其分布的植被地带数量格局为：夏绿阔叶林带（F2）1 种（兴安蒙古种成分）；森林草原带（FS）8 种（分别为兴安蒙古成分 4 种，广布种 2 种，泛古北种与东北种各 1 种）；唯在典型草原带（TS）内的单带分布种型最为丰富达 21 种（狭域种 9 种占明显优势，兴安蒙古成分 5 种居次，东北种 2 种，东亚种、广布种、泛古北种、华北种和中亚种各 1 种）；在荒漠草原带（DS）内存在 18 个单带分布种型（阿拉善蒙古种 12 种占明显优势，狭域种 3 种，泛古北种、中亚种和华北种仅各 1 种）；在草原化荒漠亚带（SD）内亦生存分布有 12 个单带分布种型，其区系地理成分突出了地方特有性，全部为阿拉善蒙古种占据。

2.3.2　多带分布种型（Type of species distributed in multiple zones）：指蝗种具有较大的生态适应幅度，可

分散生活于若干个(2～6 个不等)不同植被地带内，分布的地带格局呈不同数目的连续或间断状态(图 2)，且所能生存分布的植被地带数目之多少与蝗种的区系地理成分类别密切有关。例如，能分布于 2 个地带的蝗虫计有 30 种，其区系成分以占据西部荒漠景观地带的阿拉善蒙古种和中亚种两类区系成分(9 种)以及占据东部森林和森林草原的兴安蒙古种成分(7 种)占有明显优势；而泛古北种成分(4 种)居次；3 带分布种型计有 28 种，以阿拉善蒙古种(7 种)和泛古北种(7 种)较占优势，西伯利亚-蒙古种成分(4 种)居次；4 带分布种型计有 11 种，其区系地理成分则代之以泛古北种、东亚种和西伯利亚-蒙古种 3 者呈均势状态；5 带分布种型计 13 种，除以西伯利亚-蒙古种成分(5 种)较占优势外，其余成分均分散地处于劣势地位(泛古北种、东亚种和华北种各 2 种，广布种与东北种各 1 种)；而 6 带分布的蝗种仅有 4 种，其区系地理成分分别为泛古北种、西伯利亚-蒙古种、东亚种和华北种均各 1 种。

2.3.3　全带分布种型(Type of species distributed in all zones)：指一些蝗种对生存条件具有极大的生态适应能力，因而广泛生存分布于内蒙古全部 7 个植被地带(亚带)内，迄今已知仅有宽须蚁蝗 1 种。限于本文调查采集地点、季节等的局限性，随着后继研究的深入，褐色雏蝗、大赤翅蝗、毛足棒角蝗等均可能被提升为全带分布种型。

2.4　蝗虫多样性的地带分布及其在不同植被地带间的相关性

2.4.1　不同植被地带蝗种(属)及特有种的比较：不同植被地带内生存分布的蝗虫种(属)含内蒙古特有种的数量其间存在明显差异(图 3)。在典型草原带内，蝗虫物种(属)多样性均居于最高水平：90 种、41 属，分别占内蒙古地区各自总量的 52.3% 和 79.2%。中温型夏绿阔叶林带内则明显降低：32 种、19 属，分别占各自总量的 18.6% 和 37.3%。西南端部的典型荒漠亚带内的蝗虫多样性最为贫乏，仅 23 种、18 属，分别占各自总量的 13.4% 和 35.3%。特有种在不同植被地带内的分化形成显示了各自的特点：东部夏绿阔叶林带因其极端的生存条件，加之本地带占有的面积较小，和西部典型荒漠亚带受严酷生存条件的制约，此二植被地带特有种数量最低，仅分别占内蒙古总量的 2.5% 和 7.5%；森林草带因其植被缺少自身特色(王义凤等，1979)，这在蝗虫生态区系特征方面亦相应显示为蝗虫新种的分化形成较低，仅略高于上述二带；而明亮针叶林带、典型草原带、荒漠草原带、草原荒漠带内特有种的分化数量较高，4 个不同地带彼此接近。

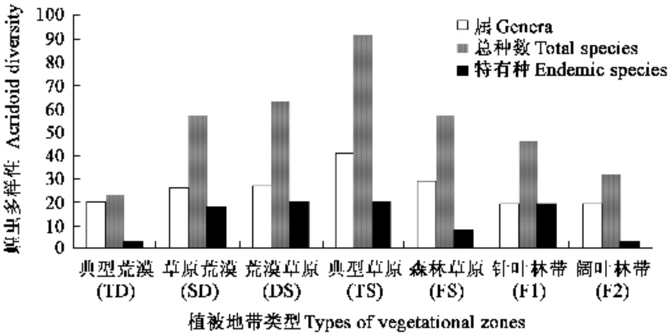

图 3　内蒙古地区不同植被地带蝗虫种(属)及特有种的多样性

Fig. 3　Diversities of genera，species and endemic species in seven different vegetational zones of Inner Mongolian region

2.4.2　植被地带蝗虫区系地理成分的数量组合及迁移扩展趋向：内蒙古蝗虫的区系地理成分已分别定性为 12 类别(表 1)，而每一植被地带(亚带)各分布有数目不等的区系地理成分并组合形成颇富规律性的格局(表 2)。

在任何一定地域空间内，蝗虫区系地理成分的隶属不外乎是全部为地方种或迁入种，或二者以不同组分兼而有之。表 2 显示：起源于内蒙古西部的阿拉善蒙古种的现代分布区明显集中于草原化荒漠带(SD)和荒漠草原带(DS)，仅向东略迁移扩展，但止于典型草原(TS)。来自中亚荒漠的中亚种向东扩展，及时止于荒漠草原。起源于东部地区的兴安蒙古种主要分布于针叶林带(F1)，并向西迁移扩展至森林草原(FS)而止于典型草原(TS)，荒漠草原的环境生存条件已是其生态阻限，仅可略见其踪迹。狭域蒙古种仅分布于典型草原地带。此外，具广生态

适应能力的泛古北种及具半地方化的西伯利亚-蒙古种，二者均自其起源地（待判定）广泛迁移扩展分布于各植被地带，并顽强、兴旺地生存下来。至于东北种和华北种，前者西迁，亦止于典型草原；后者则更能适应于低湿-高温的水热组合而止于中亚荒漠东缘的典型荒漠带（TD）。东洋种向北，极微弱地渗透并生存于本区森林和草原地带的边缘，且多为隐域地境（河流、湿地及农田）。唯一保存于针叶林带的全北种（北极黑蝗 *Melanoplus frigidus*）则成为地史中自北美经白令陆桥迁入的成分，或是原有的整体分布区因白令陆桥消失而形成分布区的间断；总之，这是新生代海陆变迁对内蒙古地区蝗虫区系结构组成影响的一例见证。

2.4.3　蝗虫分布与不同植被地带间的相关性　蝗虫的生态适应特性及选择分布与不同地带的植被结构和植物群落的生活型密切相关。以蝗种在某植被地带内是否存在为特征因子，将内蒙古地区 7 个不同地带植被进行了 Q 聚类分析，结果显示（图 4）蝗虫的地带选择分布与植被间具良好的相关性，阔叶林带、针叶林带和森林草原带三者因以兴安蒙古种和泛古北种两类成分为主，3 个地带内蝗虫生态区系结构组成相似，故较早地聚为一类；典型荒漠带、草原化荒漠带和荒漠草原带 3 者均以阿拉善蒙古种成分为主，各带内的蝗虫生态区系组成相似而聚为另一类；但典型草原地带因其为森林与荒漠两类型植被地带的过渡区域，其植被和气候条件能适合大多数蝗虫物种的生存，故种类组成多样、生态区系结构复杂，独立地成为一个类型，但相似性关系仍与荒漠草原和森林草原更为接近。这一蝗虫聚类结果与不同植被地带的气候和植物群落结构特征非常一致，并表明内蒙古地区的蝗虫在不同植被地带内与环境生存条件已经形成了各自特定的生态区系结构。蝗虫的适应分布不仅反映了地带内的气候和植被状况，而对环境变异亦具有生态指示意义。

表 2　内蒙古地区不同蝗虫区系地理成分的地带性数量分布格局

Table 2　Pattern of the zonal quantitative distribution of faunal geographic elements on Acridoidea in Inner Mongolian region

区系地理成分 Faunal geographic elements components		蝗种数量 Number of Acridoidea species						
		TD	SD	DS	TS	FS	F2	F1
中亚种	CAS	4	4	3	1	0	0	0
阿拉善蒙古种	AMS	8	26	23	7	0	0	0
华北种	NCS	1	3	6	8	4	2	3
东亚种	EAS	1	4	2	9	8	7	4
泛古北种	PPS	3	8	7	18	14	10	6
广布种	WDS	1	2	1	5	5	2	0
西伯利亚-蒙古种	SMS	5	8	13	15	11	6	5
兴安蒙古种	HMS	0	1	1	10	10	2	20
狭域蒙古种	HDMS	0	0	3	9	0	0	0
东北种	NECS	0	0	1	4	4	2	4
东洋种	OS	0	0	0	2	1	1	1
全北种	HS	0	0	0	0	0	0	1

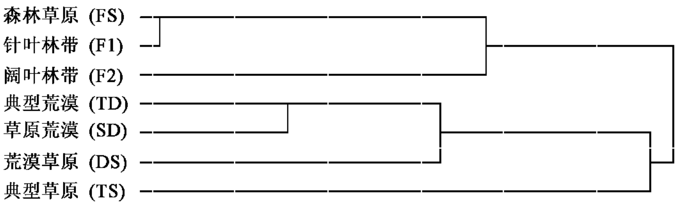

图 4　以蝗虫物种的地带分布为特征对不同植被地带间的相似性聚类分析

Fig. 4　Similarities between different vegetational zones by cluster analysis with zonal distribution of Acridoidea species

3　讨论

内蒙古高原地处亚洲大陆中、东部温带气候区，植被在水平方向发育分化为 7 个不同的地带性景观类型（图 1），在各类型不同生存条件下，蝗虫适应形成了不同生态区系结构及其区域性分异规律（表 1，图 3）。本文运用生态区系的概念分析认为，蝗虫物种多样性及生态区系结构的区域性分异是在协同进化历史中对不同自然生存条件如地形、气候（温度、湿度、日光辐射）、土壤（机械结构、理化性质）等长期生态适应并演化的结果，与此同时形成了蝗虫在形态特征、生活型、栖息习性、选食行为和生理生化代谢等一系列特性的差异。

从区域性分异结果看，典型草原带（TS）内蝗虫区系结构的物种多样性和区系地理成分均居最高水平（41 属 91 种和 11 个区系地理成分类别），其形成原因本文作者认为是：该地带植被群落结构及其生

活型(life form)系以旱生、多年生、丛生禾草类植物为主,并与根茎禾草类共同构成本带优势群落,能为蝗虫生存提供最丰富的食物、广阔并适宜栖息的场所和活动空间,可以同时满足蝗虫地栖型、草栖型、禾栖型、灌木栖型等(Bei-Bienko and Mistshenko,1951)多种不同生活型的蝗虫完成其生活史发育需求,并能为发生于前、中、后3个不同生长时期的蝗虫提供最为丰富的时间、空间和营养生态位。温寒型针叶林带(F1)因其低温-高湿组合的极端气候特征,及生长期仅50~60天(极狭窄的时间生态位),蝗虫仅能单期发生,且高大乔木群落的郁蔽度限制了蝗虫对适宜生境的选择,而优势灌木和草本群落仅局部存在于沟谷、沼泽生境中,这些因素均不利于为本带蝗虫提供多维的、宽裕的生态位系统。而温暖型典型荒漠亚带(TD)虽在时间生态位上十分宽阔,但因受高温-低湿组合的极端干燥的气候条件影响,植被群落结构所形成的空间与营养生态位却极为贫乏,致使能够适应生存的蝗虫物种及其多样性大为降低。森林草原带(FS)和荒漠草原带(DS)的植被结构均兼具有地带间的过度性质,致使该带内蝗虫物种的生态区系结构组成仅部分拥有典型草原方面的特征,从而使该植被地带的蝗虫物种多样性均低于典型草原带内,但又高于针叶林带和典型荒漠亚带。但西部的草原化荒漠亚带(SD)因贺兰山南北纵贯于其东南边缘,山地地形及其边缘效应对蝗虫物种多样性的影响十分明显,致使其蝗虫物种多样性接近了荒漠草原的水平,而远高于典型荒漠亚带亚带(TD)(图3)。

作者认为,各类区系地理成分的特定含义及其判定方法决定了各类成分具有不同的区域分布范围及特征和相应的生态适应能力,并相应地反映出其生存条件的生态地理面貌。本文报道了内蒙古蝗总科12个区系地理成分类别(表1),显示了蝗虫的区系成分类别在数量上的多样性。其中,阿拉善蒙古种(AMS),兴安蒙古种(HMS)和狭域种(NDS)的区系地理成分应视为是本地起源并极具地方区域特色的典型蒙古成分(占总种数的52.1%)。分布区位于东西伯利亚和蒙古高原东部与南部的西伯利亚-蒙古种(占总种数的8.9%),虽然仅为‘半蒙古’成分,但亦能广泛适应分布于内蒙古各不同植被地带。中亚种(CAS)、华北种(NCS)、东北种(NES)、东亚种(EAS)和东洋种(OS)这些非本地起源的成分,依据其自身的生态适应能力分别自蒙古高原以外的不同起源地迁移渗入,并在不同植被地带顽强的生存下来。而泛古北种(PPS)(占总种数的13.6%)为广泛分布于欧亚大陆区域占据了欧洲和亚洲北部,且多数呈间断分布状态,在内蒙古蝗总科生态区系结构组成中显示了仅次于蒙古成分的作用。

本文强调蝗虫生态区系研究中判定蝗种区系地理成分隶属的重要性,这对认定蝗种的生态适应特性和能力,起源发生性质,迁移渗透的方向等具有关键意义。随着世界性有关蝗虫生态区系研究的进展和资料积累,一些蝗种的分布区将得到必要的补充和修改,其相应的区系地理成分就要及时予以修正,这在景观研究水平上是符合认识规律的。

致谢 承著名蒙古高原地植物学家、内蒙古大学生命科学院教授刘钟龄先生多年来对我们试图进行一项蝗虫学与地理植物等学科交叉研究的探讨,给予了诚挚鼓励并惠予关键文献及重要图文资料,谨致谢忱!

参考文献(References)

Bei-Bienko GY, 1930. The zonal and ecological distribution of Acrididae in the West Siberian and Zaisan Plains. *Bull. Plant Prot*. Leningrad, 1: 51-90.

Bei-Bienko GY, Mistshenko LL, 1951. Locusts and grasshoppers of the U.S.S.R. and adjecent countries Part Ⅰ. *Opred. Faune SSSR, Moscow*, 38: 1-378. (In Russian)

Chen SH, Wang SR, 1962. On the distribution and desert adaptations of the Chrysomelid beetles of Sinkiang. *Acta Zool. Sin*., 14(3): 337-354. [陈世骧,王书永,1962. 新疆叶甲的分布概况与荒漠适应. 动物学报,14(3): 337-354]

Cheng TM, Hang RK, 1974. A survey of grasshoppers from Hainan Tsang Autonomous Chou, Chinghai. *Acta Entomol. Sin*., 17(4): 428-440. [郑哲民,韩荣坤,1974. 青海省海南藏族自治州蝗虫调查. 昆虫学报, 17(4): 428-440]

Cheng TM, Liang LC, 1963. A preliminary survey of grasshoppers of Shensi Province. *Acta Zool. Sin*., 15(3): 461-470. [郑哲民,梁铬球,1963. 陕西省蝗虫的初步调查报告. 动物学报, 15(3): 461-470]

Chen YL, 1981. Studies on the acridoids of Xinjiang Uighur Autonomous Region: distribution of acridoids Ⅱ. *Acta Entomol. Sin*., 24(2): 166-173. [陈永林, 1981. 新疆维吾尔自治区蝗虫的研究:蝗虫的分布(续). 昆虫学报, 24(2): 166-173]

Davidowitz G, Rosenzweig ML, 1998. The latitudinal gradient of species diversity along North American grasshoppers (Acrididae) within a single habitat: a test of the spatial heterogeneity hypothesis. *Journal of Biogeography*, 25: 553-560.

Huang CM, Cheng XY, 1999. The fauna of Catantopidae and its origin in China and adjacent region. *Acta Entomol. Sin*., 42(2): 184-198. [黄春梅, 成新跃, 1999. 我国及邻近地区斑腿蝗科区系及其起源研究. 昆虫学报, 42(2): 184-198]

Inner Mongolian Normal College，1965. Natural Geography of Inner Mongolia. Hohhot：Inner Mongolian People's Press. 1 – 196. [内蒙古师范学院地理系，1965. 内蒙古自然地理. 呼和浩特：内蒙古人民出版社. 1 – 196]

Jiang GF，Zheng ZM，1998. Grasshoppers and Locusts from Guangxi. Guilin：Guangxi Normal University Press. 1 – 390. [蒋国芳，郑哲民，1998. 广西蝗虫. 桂林：广西师范大学出版社. 1 – 390]

Jing XH，Kang L，2003. The Cold Hardness of the Migratory Locust *Locusta migratoria* L. （Orthoptera：Acrididae）. PhD Thesis，Institute of Zoology，Chinese Academy of Sciences，Beijing. 1 – 39. [景晓红，康乐，2003. 飞蝗（*Locusta migratoria* L.）卵的耐寒性研究. 中国科学院动物研究所博士学位论文. 1 – 39]

Kang L，Li HC，Chen YL，1989. Studies on the relationships between distribution of Orthopterans and vegetation types in the Xinlin River Basin District，Inner Mongolia Autonomous Region. *Acta Phytoecologica et Geobotanica Sinica*，13（4）：341 – 349. [康乐，李鸿昌，陈永林，1989. 内蒙古锡林河流域直翅目昆虫生态分布规律与植被类型关系的研究. 植物生态学与地植物学学报，13（4）：341 – 349]

Li HC，1981. Studies on the fauna of the genus *Angaracris* B. Bienko （Othoptera：*Acrididae*）. *Acta Zootaxonomica Sinica*，6（2）：167 – 173. [李鸿昌，1981. 皱膝蝗属（*Angaracris*）区系的研究（直翅目：蝗科）. 动物分类学报，6（2）：167 – 173]

Li HC，Ma Y，Zhang ZR，Pan XW，Ma AS，1990. Studies on the composition of Acridoidea fauna and its regional distribution in Nei Mongol （Inner Mongolia） Autonomous Region. *Entomotaxonmia*，12（3 – 4）：171 – 193. [李鸿昌，马耀，张卓然，潘秀文，马爱实，1990. 内蒙古蝗总科 Acridoidea 区系组成及其区域分布的研究. 昆虫分类学报，12（3 – 4）：171 – 193]

Li HC，Xia KL *et al*.，2006. Funna of Sinica：Insecta （Vol. 43），Orthoptera，Acridoidea：Catantopidae. Beijing：Science Press. 1 – 705. [李鸿昌，夏凯龄等，2006. 中国动物志，昆虫纲，第四十三卷，直翅目，蝗总科：斑腿蝗科. 北京：科学出版社. 1 – 705]

Liu JP，1995a. Distribution and evolution of Pamphagidae in China. *Entomotaxonomia*，17（Suppl.）：111 – 116. [刘举鹏，1995a. 癞蝗科（Pamphagidae）在中国的分布和演化. 昆虫分类学报，17（增刊）：111 – 116]

Liu JP，1995b. Studies on the fauna of Acridoidea in Xinjiang，China. *Entomotaxonomia*，17（Suppl.）：117 – 127. [刘举鹏，1995b. 新疆蝗总科区系研究. 昆虫分类学报，17（增刊）：117 – 127]

Lockwood JA，Sergeev MG，2000. Comparative biogeography of grasshoppers （Orthoptera：Acrididae） in North America and Siberia：Applications to the conservation of biodiversity. *J. Insect Conservation*，444（3）：161 – 172.

Qin JD，1987. The Relationships Between Insects and Plants – A Discussion on Their Interactions and Coevolution. Beijing：Science Press. 30 – 35. [钦俊德，1987. 昆虫与植物的关系-论昆虫与植物的相互作用及其演化. 北京：科学出版社. 30 – 35]

Ren BZ，2001. Grasshoppers and Locusts from Northeast. Changchun：Jilin Science and Technology Press. 1 – 173. [任炳忠，2001. 东北蝗虫志. 长春：吉林科学技术出版社. 1 – 173]

Uvarov BP，1938. Ecological and biogeographical relations of Eremian Acrididae. *Mém. Soc. Biogeogr.*，6：231 – 273.

Uvarov BP，1977. Grasshoppers and Locusts：A Handbook of General Acridology. Vol. 2. Center for Overseas Pest Research. 371 – 444.

Wang HS，1992. Floristic Plant Geography. Beijing：Science Press. 1 – 180. [王荷生，1992. 植物区系地理. 北京：科学出版社. 1 – 180]

Wang XL，2001. Research directions in the field of insect taxonomy. *Entomological Knowledge*，38（6）：421 – 425. [王心丽，2001. 浅谈昆虫分类学的研究方向. 昆虫知识，38（6）：421 – 425]

Wang YF，Yong SP，Liu ZL，1979. Characteristics of the vegetationnal zones in the Nei Mongol Autonomous Region. *Acta Botanica Sinica*，21（3）：274 – 284. [王义凤，雍世鹏，刘钟龄，1979. 内蒙古自治区的植被地带特征. 植物学报，21（3）：274 – 284]

Xia KL，1958. Synopsis of the Classification on Acridoidea from China. Beijing：Science Press. 1 – 239. [夏凯龄，1958. 中国蝗科分类概要. 北京：科学出版社. 1 – 239]

Xia KL *et al*.，1994. Fauna of Sinica：Insecta （Vol. 4），Orthoptera，Acridoidea：Pamphagidae，Chrotogonidae，Pyrgomorphidae. Beijing：Science Press. 1 – 340. [夏凯龄等，1994. 中国动物志，昆虫纲，第四卷，直翅目，蝗总科：癞蝗科、瘤蝗科、锥头蝗科. 北京：科学出版社. 1 – 340]

Yin XC，1984. Grasshoppers and Locusts from Qinghai-Xizang Pleateau of China. Beijing：Science Press. 1 – 287. [印象初，1984. 青藏高原的蝗虫. 北京：科学出版社. 1 – 287]

Yin XC，Xia KL *et al*.，2003. Fauna of Sinica：Insecta （Vol. 32），Orthoptera，Acridoidea：Gomphoceridae and Acrididae. Beijing：Science Press. 1 – 270. [印象初，夏凯龄等，2003. 中国动物志，昆虫纲，第三十二卷，直翅目，蝗总科：槌角蝗科、剑角蝗科. 北京：科学出版社. 1 – 340]

Zhang FL，Jin XB，1985. A preliminary survey of grasshoppers from Da-Xinganling，Northeast China （Orthoptera：Acridoidea）. *Contr. Shanghai Inst. Entomol.*，5：207 – 219. [张凤岭，金杏宝，1985. 大兴岭蝗虫区系的初步调查. 昆虫学研究集刊，5：207 – 219]

Zheng ZM，1985. Acridoidea from Yunnan，Guizou，Sichuan，Shaanxi and Ningxia Regions. Beijing：Science Press. 1 – 406. [郑哲民，1985. 云贵川陕宁地区的蝗虫. 北京：科学出版社. 1 – 406]

Zheng ZM，1993. Acritaxonomy. Xi'an：Shaanxi Normal University Press. 1 – 442. [郑哲民，1993. 蝗虫分类学. 西安：陕西师范大学出版社. 1 – 442]

Zheng ZM，Wan LS，1992. Grasshoppers fauna of Ningxia. Xi'an：Shaanxi Normal University Press. 1 – 147. [郑哲民，万力生，1992. 宁夏蝗虫. 西安：陕西师范大学出版社. 1 – 147]

Zheng ZM，Xia KL *et al*.，1998. Fauna of Sinica：Insecta （Vol. 10），Orthoptera，Acridoidea：Oedipodidae and Arcypteridae. Beijing：Science Press. 1 – 609. [郑哲民，夏凯龄等，1998. 中国动物志，昆虫纲，第十卷，直翅目，蝗总科：斑翅蝗科、网翅蝗科. 北京：科学出版社. 1 – 609]

（责任编辑：袁德成）